

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

EP99/04470.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 12 NOV 1999	
WIPO	PCT

E.S.U.

Bescheinigung

Herr Professor Günter F u h r in Berlin/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Elektrodenausführung zur dielektrophoretischen Partikelablen-
kung"

am 26. Juni 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole
B 01 D, C 12 N und C 12 M der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 12. Juli 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Nietfeldt

Aktenzeichen: 198 28 626.0

„Elektrodenausführung zur dielektrophoretischen Partikelablenkung“

Inhalt des Patentes ist die Optimierung band- und punktförmiger Mikroelektroden hinsichtlich ihrer Wirkung auf suspendierte Teilchen und Zellen, z.B. maximale Kraft bei gleichzeitig minimierten Verlusten.

Ebenfalls dargestellt sind flächige und bandförmige Elektroden, deren Kontakt zur Suspension über offene Stellen in einer Isolationsschicht geometrisch bestimmt wird. Der Vorteil besteht darin, daß selbst eine Durchtrennung des gesamten Elektrodenteils nicht zum Ausfall der Elektrode führt, daher höhere Lebensdauer.

Ein weiteres erfinderisches Element sind Elektrodenanordnungen, über die Gradienten und damit verschieden starke Kräfte erzeugt werden können.

Dargestellt sind Elektroden, die dadurch kürzer ausgebildet werden können, indem sie dem Strömungsprofil angepaßt werden. Sie sind gleich effektiv, aber mit geringeren Kräften behaftet.

Erfinderisch ist auch die geometrische Ausformung von Elektroden zur Halterung von Teilchen in einem Lösungsstrom oder der Erzeugung einer Teilchenformation.

Aus diesen Grundformen werden punktförmige Elektrodenarrays abgeleitet, über die in freier Wahl entsprechend funktionierende Ablenkelektroden durch elektronische Ansteuerung erzeugbar sind.

Diese kann entweder einmal irreversibel oder reversibel erfolgen.

Zuletzt sind noch hohe Elektroden zur Nutzung in Mikrokanälen erläutert.

Anwendungsgebiet: Nutzung in Mikrosystemen zur Separation, Manipulation, Beladung, Fusion, Permeation, Pärchenbildung, Aggregatformation von mikroskopisch kleinen Teilchen und lebenden Zellen.

11.10.98

Beschreibung zu den Figuren

Figur 1:

In schematischer Form ist beispielhaft die Ausführung von Mikroelektroden zur Erzeugung von Kraftbarrieren in Mikrokanälen dargestellt. Die typischen Abmessungen der Mikroelektroden (11) liegen bei einer Breite von 0,1 bis zu einigen zehn Mikrometern (typischerweise 5 ... 10 µm), einer Dicke von 100 nm bis zu einigen Mikrometern (typischerweise 200 nm) und einer Länge von bis zu mehreren hundert Mikrometern. Das Innere des Kanals (12) wird durch die auf der Ober- und Unterseite der Träger (13, 14) prozessierten Elektroden auf Grund der geringfügigen Dicke der Elektroden nicht eingeschränkt. (15) ist ein Spacer, dessen Strukturierung die Kanalwände bildet. Die Elektroden (11) werden mittels hochfrequenter elektrischer Signale (typischerweise mit einer Frequenz im MHz-Bereich und einer Amplitude im Voltbereich) angesteuert. Die jeweils übereinander liegenden Elektroden (11a, 11b) bilden ein Ansteuerpaar, wenngleich auch die in einer Ebene liegenden Elektroden in ihrer Ansteuerung (Phase, Frequenz, Amplitude) berücksichtigt werden müssen. Das durch den Kanal, d.h. senkrecht zur Strömungsrichtung (16) erzeugte elektrische Hochfrequenzfeld wirkt auf suspendierte Teilchen (17) (die auch lebende Zellen oder Viren sein können) polarisierend. Bei den genannten Frequenzen und geeigneter Leitfähigkeit der die Teilchen umgebenden Suspensionsflüssigkeit werden die Teilchen von den Elektroden abgestoßen. Damit läßt sich der hydrodynamisch offene Kanal (12) über die elektrischen Felder an- und abschaltbar strukturieren, kompartimentieren bzw. lassen sich die Bewegungsbahnen der Teilchen im passiven Strömungsfeld beeinflussen. Desweiteren ist es möglich, die Teilchen trotz permanenter Strömung zu retardieren bzw. auch ortsstabil ohne Berührung einer Oberfläche zu positionieren. Die Art und Ausführung der dazu notwendigen Elektroden ist Gegenstand der Erfindung.

Figur 2:

Für die Erzeugung von elektromagnetischen Begrenzungen in Kanalsystemen von Mikrostrukturen sind schmale, bandartige Elektroden verschiedener Geometrie günstig, da die Verluste proportional zur wirksamen Elektrodenfläche zunehmen. Derart schmale Elektroden sind jedoch gegenüber Produktionsfehlern und lokalen Unterbrechungen sehr empfindlich. So führt ein Haarriß bereits zum Ausfall des gesamten restlichen Teils einer Bandlektrode. In 3 Ausführungen (a, b, c) ist die Realisierung von schmalen Bandlektroden ohne die o.g. Nachteile dargestellt. Dazu wird eine großflächige Metallschicht (21) auf das Substrat (22) aufgebracht, deren Dicke bei 50 nm bis zu einigen µm variieren kann (typischerweise 200 nm). Diese Metallschicht wird nun mit einer strukturierten Isolationsschicht (23, schraffierte Fläche) abgedeckt. Direkt mit der Partikelsuspension bleiben nunmehr nur noch die schwarzen Elektrodenbereiche (24) in Kontakt. Da die gesamte Basisfläche leitend ist, führt auch eine Unterbrechung des Bandbereiches (24) nicht zum Ausfall der Elektrode.

In Bild b ist eine zick-zack-förmige Elektrode stellvertretend für beliebige andere Elektrodenführungen ausgebildet.



Der Bildausschnitt c besteht aus 4 Einzelelektroden (25 a bis d). Diese können bei Bedarf zu- und abgeschaltet werden, wodurch die Bewegungsbahn der Teilchen verändert werden.

Bahn (26a): alle Elektroden sind eingeschaltet.

Bahn (26b): nur die beiden linken Elektrodenstreifen sind angesteuert.

Figur 3:

Weitere Ausführungen (a,b,c,d) punktförmiger und streifenförmiger Elektroden sowie segmentierter Elektroden auf der Basis der in Fig. 2 erläuterten Elektrodenausführung. Der Vorteil dieser separierten Elektrodenausführung besteht darin, daß durch die externe Ansteuerung der wirksame Verlauf der Bandedelektroden hinsichtlich der Teilchenbewegung in weiten Bereichen frei variiert werden kann.

Figur 4:

Für das Sortieren von Teilchen und Zellen ist es erforderlich, die Feldstärke über die Länge eines Elektrodenbandes zu variieren. 4 mögliche Ausführungen sind in a) bis d) dargestellt. In der Ausführung a) wird durch die Abstände der Öffnung (41) in der Isolationsschicht (42) ein Feldgradient erzeugt. In Ausführung b) ist es die Bildung einer Umrandung, d.h. eines geschlossenen Elektrodenbandes. Wie in c) gezeigt, läßt sich Ähnliches über das Aufbringen verschieden breiter Isolierflächen (43) auf eine Bandedelektrode (44) erreichen. In d) ist die obere (45) und untere (46) Bandedelektrode entsprechend Fig. 1 (11a, 11b) dargestellt. Die auf die Suspensionsteilchen wirkende Kraft nimmt aufgrund der zum Ende der Elektroden zunehmenden Divergenz der beiden Bänder ab.

Figur 5:

In dieser Darstellung ist die Optimierung von Bandedelektroden hinsichtlich geringer Verluste und sicherer Ablenkung von suspendierten Teilchen in der Aufsicht auf einen Kanal (51) mit den Begrenzungen (52) demonstriert. Ziel der Elektrodenanordnung (53a, 53b) ist es, Teilchen aus dem gesamten Kanalvolumen berührungslos auf die Mittellinie zu fokussieren. Die dabei wirkenden Kräfte setzen sich aus elektrisch induzierten Abstoßungskräften (F_p) und der Kraft (F_a), die durch die Strömung der Flüssigkeit (z.B. von außen) erzeugt wird. Schneidet die resultierende Kraft (F_R) die Elektrode (54a) nicht, so wird ein Teilchen sicher abgelenkt. Die Ausführung des Trichters (53a, 53b) erfordert sehr lange Elektroden und besitzt damit gegenüber (54a, 54b) höhere elektrische Verluste. Da die Strömungsgeschwindigkeit am Rand des Kanals langsamer als im Zentrum ist, kann die Elektrode deutlich steiler in den Kanal geführt werden, um dann polygonal abzuknicken. Im Resultat erhält man eine deutlich kürzere Elektrode mit gleicher Ablenkleistung für Teilchen. Sinngemäß kann die Elektrodenform auch stetig angepaßt werden (z.B. über eine Parabel- oder Hyperbelform), je nach erzeugtem Strömungsprofil.

11 10 10 10

Figur 6:

Die in Fig. 2 dargestellte Abdecktechnik zur Herstellung bandartiger Elektroden kann auch zu ihrer Optimierung gemäß Fig. 5 genutzt werden. Rückführungen (61) von Elektrodenteilen, die sich unter einer Isolationsschicht (62) befinden, sind elektrisch nicht wirksam. Eine ebenfalls sehr wirksame Variante einer trichterförmigen Anordnung von Elektroden (63a, 63b) ist die partielle Rückführung (61). Damit wird erreicht, daß Teilchen, die die Eingangsablenkung (64) nicht oder nur unvollständig durchlaufen haben, im 2. Ablenkteil (65) nun doch noch in den Zentralteil des Kanals überführt werden. Die Vierecke (66) geben Öffnungen in der Isolationsschicht an. Es kann jedoch auch das Prinzip, wie es in Fig. 2 beschrieben ist, direkt angewendet werden.

Figur 7:

Am Beispiel des Partikeltrichters soll noch eine weitere Elektrodenausbildung erläutert werden. In Medien hoher Leitfähigkeit, wie sie z.B. für die Kultur tierischer und humaner Zellen verwendet werden (oder auch im Meerwasser), können die Verluste auf einer Bandleitung so groß sein, daß am Ende deutlich geringere oder gar keine Feldeffekte bezüglich der Partikelablenkung mehr auftreten. Unter derartigen Umständen ist es zweckmäßig, die Elektrode zu teilen und verschiedene Einspeisungen (71a bis d) vorzunehmen. Die Winkel zum Kanalverlauf (72) wurden wieder dem Strömungsprofil im Kanal angepaßt. Zuführende Teile (73) sind zweckmäßigerweise zu isolieren.

Figur 8:

In Analogie zu Fig. 7 läßt sich eine ähnliche Elektrodengeometrie auch über großflächige Elektroden (81a, 81b), die strukturiert isoliert (82) wurden, realisieren.

Figur 9:

Dargestellt sind Fangelektroden (92) für Partikeln und Zellen (91). Die Elemente dienen der stationären Halterung von Objekten in oder gegen eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Lösungsströmung. Entsprechend der vorhergehenden Figuren sind jeweils die Ausführungsformen a) und b) oder Kombination aus beiden gemeint.

c) zeigt eine Bandlektrodenform, die zur Aufreihung von Objekten gleichsam auf einer Startlinie geeignet ist. Eine derartige Aufreihung ist für Partikel- und Zelltrennungen außerordentlich wichtig.

d) zeigt beispielhaft veränderte Elektroden, die geeignet sind, verschieden große Objekte oder verschieden große Ansammlungen derselben aufzuhalten.

Figur 10:

Elektrodenausführungen (101) analog zu Fig. 9

a) zum Trapping von Mikropartikeln (102) großer Zahl, z.B. mit dem Ziel der Aggregation

b) zur getrennten Positionierung

c) zur Erzeugung einer Partikelformation

Figur 11:

Beliebige Wirkungen zur Partikelablenkung, wie sie in Fig. 1-10 dargestellt wurden, lassen sich auch in programmierbarer Weise über einzeln ansteuerbare punkt- oder quadratische bzw. rechteckige Elektroden in arrayartiger Anordnung erreichen, wenn die Abstände zwischen den Elektroden (111) kleiner als die zu manipulierenden Partikel (113) sind. Dargestellt ist die Aufsicht in einem Kanal, der durch die Randbegrenzung (112) gebildet wird. Entsprechend Fig. 1 ist das System nur wirksam, wenn eine gleichartige Elektrodenanordnung auf der Oberseite des Kanals angebracht wird, so daß sich wieder elektrische Hochfrequenzfelder von der Ober- zur Unterseite des Kanals ausbilden können. Beispiele für eine mögliche Ansteuerung sind in Fig. 12 und 13 dargestellt.

Figur 12:

Ansteuerung eines Elektrodenarrays, wie es in Fig. 11 erläutert wurde. Die hellen Elektroden (121) sind nicht angesteuert. Die schwarzen Elektroden (122) werden mit einer Wechselspannung (z.B. zwischen 1 und 500 MHz) angesteuert. An gleicher Stelle werden auch die in der oberen Ebene des Kanals (hier nicht dargestellt) liegenden Elektroden angesteuert. Zum besseren Verständnis wird die Ansteuerung der Elektroden im folgenden in Tabellenform aufgelistet. Dabei beschreiben die dargestellten Zahlen die Elektroden der unteren Ebene, während Zahlen mit einem (*) die Elektroden der oberen Kanalebene bezeichnen:

Elektrode	(Phasenlage)	Elektrode	(Phasenlage)
122	0°	123d	270°
122'	180°	123d'	90°
122a	0°	124	0°
122a'	180°	124'	180°
122b	0°	125	0°
122b'	180°	125'	180°
123a	0°		
123a'	180°		
123b	90°		
123b'	270°		
123c	180°		
123c'	0°		

Die Funktionsweise des Systems läßt sich wie folgt darstellen:

Partikel werden entsprechend dem Pfeil in den Kanal eingeströmt. Wenn die Elektrodenreihen 122, 122a, 122b angeschaltet sind, entsteht eine Feldbarriere, die die Partikel in den Zentralbereich der Strömung fokussiert. Über die Elektrodenreihen 122a, 122b werden die Partikel oder Zellen zueinander beabstandet. Die Elektrodengruppen 123a-d bilden einen Quadrupol, der seine Entsprechung (123a'-d') auf der Oberseite des Kanals besitzt. Diese 8er-Gruppe von Elektroden fungiert entsprechend ihrer Ansteuerung als Feldkäfig und dient dem exakten Positionieren der Teilchen. Wird diese Elektrodengruppe oder zumindest die Elektrodenpixel 123b,c abgeschaltet, können die danach ausgeströmten Teilchen durch wahlweises Anschalten der Elektrodenreihen 124 oder 125 auf die

rechte oder linke Seite des Kanals gelenkt werden. Es handelt sich bei diesem System somit um ein Partikel/Zell-Bewegungs- und Sortiermodul.

Figur 13:

In dieser Abbildung wird gezeigt, wie durch eine zu Fig. 12 verschiedene Ansteuerung der Elektrodenpixel eine neuartige Funktion des Systems erreicht werden kann. Eingeströmt wird diesmal ein Teilchengemisch, bestehend aus verschieden großen und dielektrophoretisch unterschiedlich beeinflussbaren Teilchen (131 - dielektrophoretisch schwach zu beeinflussende Teilchen, 132 - Teilchen, größer als die Abstände zwischen den Elektroden und dielektrophoretisch gut ablenkbar, 133 - Teilchen, deutlich kleiner als die Elektrodenpixelabstände gewählt wurden). Die Elektrodengruppe 135a,b fokussiert ausschließlich die großen Teilchen (132) auf eine Fangelektrode (136), wo sie festgehalten werden, während die Teilchen 131 und 133 nahezu unbeeinflusst den Kanal durchlaufen werden. Zum Schluß wird die Elektrodenpixelgruppe (136) abgeschaltet und die Elektrodenpixelreihe (137) angeschaltet. Die zurückgehaltenen Teilchen (132) bewegen sich nun entlang der eingezeichneten Bahnen und können separat abgefangen werden. Die Kanalwände (134) können den Hauptkanal in mehrere Kanäle aufspalten.

Folgende allgemeine Bemerkungen sind zu den Ausführungen von Punktelektroden gemäß Fig. 11 bis 13 zu machen:

Eine andere Anwendung derartiger Arrays ist die universelle Anlage, d.h. potentielle Verwendbarkeit aller Elektrodenpixel, die jedoch in einem irreversiblen Prozess bei der ersten Nutzung festgelegt bzw. aktiviert werden. Dies könnte z.B. durch Abschlagen einer Isolationsschicht, die Öffnung über einen elektrischen Impuls, auf optischem Weg oder nach einem ähnlichen Prinzip erfolgen. Die dann festgelegte Struktur kann nur noch erweitert nicht aber reduziert werden. Zumindest ist letzteres nur durch selektives Aufbringen neuer Isolationen möglich. Entsprechendes wäre über eine Oxidation denkbar. Ein geeignetes Mittel, im Kanal gegenüberliegende Elektrodenpixel von einer Isolationsschicht zu befreien wäre eine dielektrischer Durchschlag über Ansteuerung beider Elektroden mit kurzen elektrischen Impulsen.

Eine reversible Variante derartiger Aktivierungen von Punktelektroden kann über photoelektrische Effekte erreicht werden. Geeignete Halbleiter erlauben es durch Belichtung in ihrer Leitfähigkeit deutlich verändert zu werden. Auf diesem Wege kann durch Belichtung über eine Maske auf einer oder beiden Seiten des Kanals das gewünschte Elektrodenmuster aktiviert werden.

Figur 14:

Ein weiteres sehr wichtiges Kriterium zur Optimierung von Bandlektroden kann deren Unempfindlichkeit gegenüber einer Unterbrechung sein. Um trotzdem die Funktion aufrecht zu erhalten, sind Schleifen und Mehrfacheinspeisungen sinnvoll. Um die Verluste gering zu halten, können diese Teile der Elektroden mit einer Isolierschicht gegenüber der darüber befindlichen Suspension elektrisch getrennt werden. Einige beispielhafte Ausführungen sind in den Darstellungen a) bis d) zusammengestellt. 141 ist eine Ringelektrode mit sehr kleinem Loop und in r Isolationschicht (142). In b) handelt es sich um einen weiträumigen Loop mit ebenfalls teilweiser Isolation. In c) ist eine Mehrfacheinspeisung (144a bis 144c)

dargestellt. Die Einspeisungen können entweder permanent oder wahlweise nach Ausfall einer Zuführung angesteuert werden.

In d) ist in mehrfach gefaltete Bandedelektrode (145) mit teilweiser Isolation (146) gezeigt. Wenn nicht gerade der vordere Teil (nahe der Einspeisung) ausfällt, wird die Funktion immer noch von einem der anderen Teile übernommen. Die dargestellten Elektrodentypen lassen sich in ihren Ausführungen auch sinnvoll kombinieren.

Figur 15:

Struktur mit hohen Elektroden. Gezeichnet ist die Draufsicht auf eine Struktur mit 2 Kanälen, die durch Spacer 151, 152 und 153 gebildet werden. 151 hat in Höhe der Elektroden 154 und 155 einen Durchbruch. Werden die Elektroden mit elektrischen Wechselfeldern beschaltet, so werden Partikel (156), die negative Dielektrophorese zeigen, im Durchbruchsbereich in den oberen Kanal gedrückt. Die Elektrode 155 muß nicht unbedingt beschaltet werden (floating) und kann ggf. auch weggelassen werden. In letztem Fall wirkt die Elektrode 154 als Antenne. Die Höhe der Elektroden entspricht der des Kanals.

Figur 16:

3-Ebenenstruktur. Gezeigt sind 3 Ebenen (161, 162, 163) in einem 2-Kanal-System. Die obere und untere Ebene sind identisch ausgeführt. Die Elektroden 164 und 166 bilden zusammen eine „aligner“-Struktur, die die Partikel (167, 168) zentrieren. Die Mittelebene hat in Höhe der Elektrodenenden (164, 166) einen Durchbruch, der mit einer nichtkontaktierten Elektrode ausgekleidet ist (165). Diese kann in Form von Halbkreisen, Halbellipsen oder Parabeln ausgeführt werden. Werden die Elektroden 164 und 166 mit unterschiedlichen geeigneten Frequenzen betrieben, so können Partikel mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften separiert werden aufgrund der sich ausbildenden Potentialwälle zwischen 166 und 165 sowie 164 und 165.

Anmerkung zu den Pixelarrayelektroden:

Diese ermöglichen eine verlustminimierende Separation, da nun auch eine Elektrode mit verschiedenen Potentialwerten (Spannung) bzw. Frequenzen angesteuert werden kann. Damit läßt sich ein beliebig vorzugebendes dielektrisches Kraftfeld (entlang des Kanals) approximieren. So läßt sich der Einfluß des Strömungsprofils etwa dadurch kompensieren, daß die einzelnen Pixel der senkrecht zum Kanal verlaufenden Elektroden mit einer Spannung entsprechend der Quadratwurzel des Profils der Strömungsgeschwindigkeit angesteuert werden.

Figur 17:

Erläuterung zu der Abbildung:

171 - Strömungsrichtung, 172 - Kanalbegrenzung rechts/links, 173 - fakultatives elektrisches Isolationsmaterial, 1710 - Partikel.

A) dreieckförmig ausgeführte Elektroden (174) auf der 1. Chipebene sind mit linear ausgeführten Elektroden (175) der 2. Chipebene kombiniert, so daß eine asymmetrische Feldverteilung quer zur Strömungsrichtung entsteht, wobei die elektrisch erzeugte Kraft am Ort der höheren Strömungsgeschwindigkeit am größten

11 15 10 8

ist. So entsteht quer über den Kanal mit einer Spannung ein annähernd konstantes Gleichgewicht zwischen Strömung und elektrischer Kraft. B) wie in A beschrieben, nur linear ausgeführte Elektroden (176, 177), die aber versetzt angeordnet sind. C) Die Elektroden der oberen und unteren Ebene (178, 1712) sind so ausgeführt, daß eine Pärchenbeladung in Strömungsrichtung erfolgt. D) Die Elektroden der oberen und unteren Ebene (179, 1713) sind so ausgeführt, daß eine Pärchenbeladung quer zur Strömungsrichtung erfolgt.

Die Elektrodenspitzen (1711) entgegen der Strömung in C/D können auch so ausgeführt werden, daß eine zusätzliche „Filterwirkung“ erzielt wird und Aggregate oder größere Partikel die Anordnung nicht besetzen können.

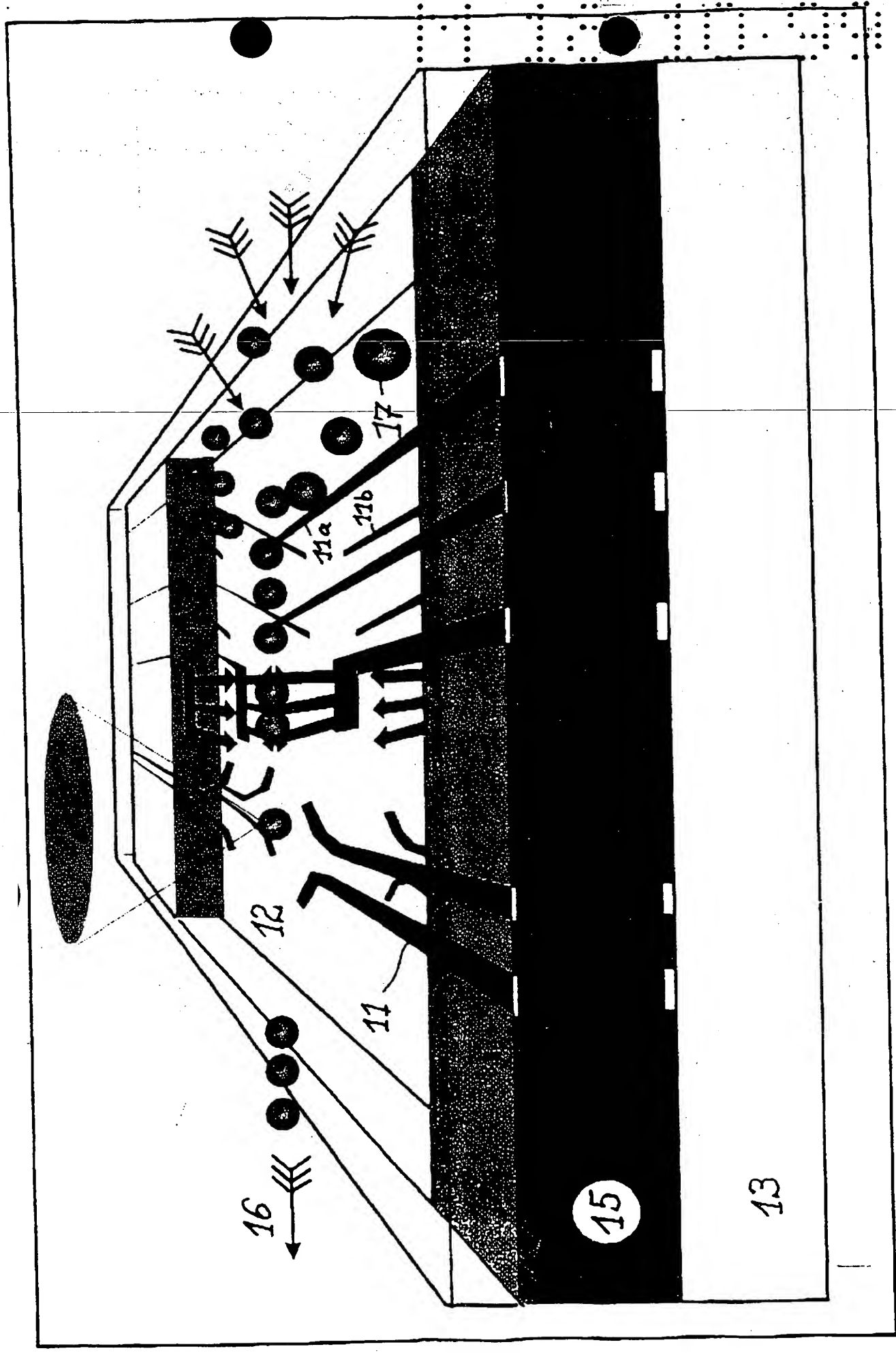
Figur 18: In dieser Abbildung ist beispielhaft eine über elektrische Impulse programmierbare Elektrodenanordnung dargestellt. Die zehn rechteckigen Elektroden 181 stehen untereinander über die Verbindungsstege 182 in elektrischem Kontakt. Diese Verbindungsstege können über einen Stromimpuls zwischen je zwei benachbarten Elektroden zerstört werden. Dies ermöglicht es, die Verschaltung zwischen den Elektroden per Stromimpuls festzulegen.

Figur 19: Die Figur gibt ein Beispiel für die Verwendung hoher Elektroden. Das elektrische Feld wird mit Hilfe der fünf hohen Elektroden 191 und einer flächigen, Anordnung von Elektroden (192) erzeugt. Die aufzutrennenden Teilchen 193 gelangen mit der Strömung 194 zwischen die Elektroden und können infolge der Feldwirkung nach unten ausgelenkt werden. Dabei gelangen die ausgelenkten Teilchen zwischen die Elektroden 191 und werden somit nicht mehr mit der Strömung 194 mittransportiert. Mit Hilfe einer lateralen Zusatzströmung 195 können die abgetrennten Teilchen kontinuierlich ausgewaschen werden. Die Elektroden 191 müssen nicht notwendig aus massivem Metall bestehen, weiterhin können über die Geometrie der hochgestellten Elektroden 191 die Strömungsverhältnisse und der Feldverlauf in den Elektrodenzwischenräumen modifiziert werden.

Fig. 20: Die Figur gibt ein Beispiel für eine Elektrode mit Durchbohrungen (201). Diese Durchbohrungen bilden Reservoirs in welche die abzutrennenden Teilchen gelangen können.

Das elektrische Feld wird mit den Elektroden 201 und 202 erzeugt. Die aufzutrennenden Partikel werden mit der Strömung 204 zwischen die Elektroden geführt. Partikel, die infolge der Feldwirkung nach unten abgelenkt werden, gelangen in die Durchbohrungen der Elektrode 201 und werden hier fixiert. Die Anordnung kann dahingehend modifiziert werden, daß man unterhalb der Elektrode 201 eine weitere Elektrode der Form 202 anbringt.

Fig 1



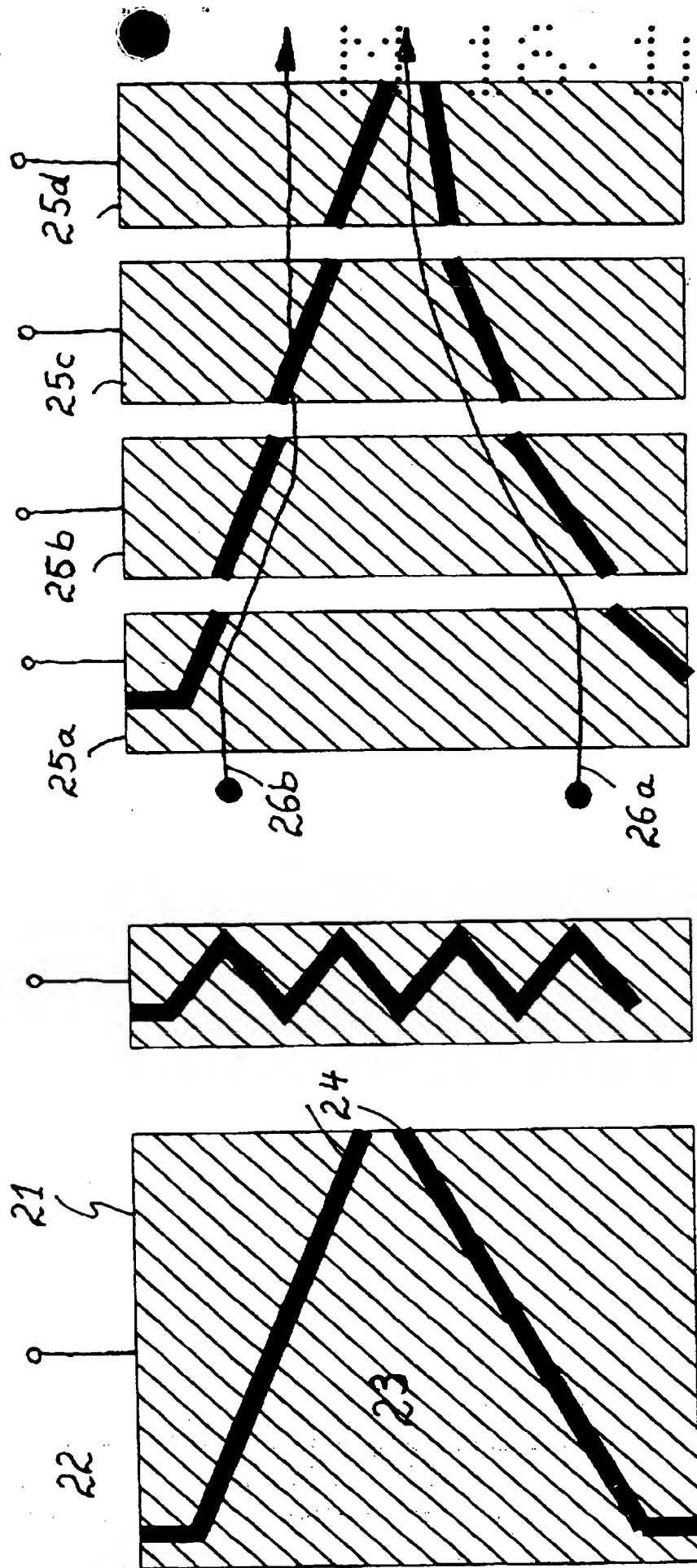
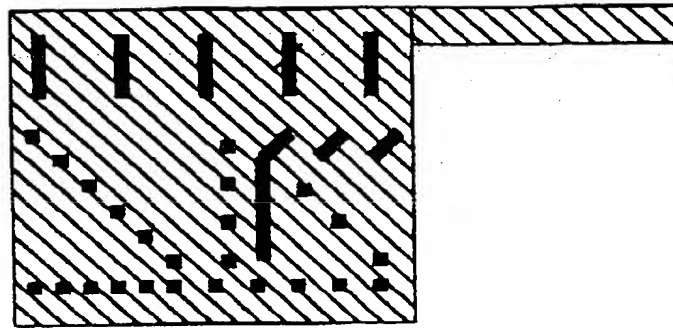
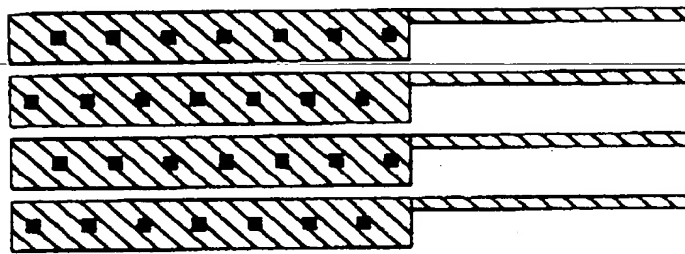


Fig. 2

11 10 10 99

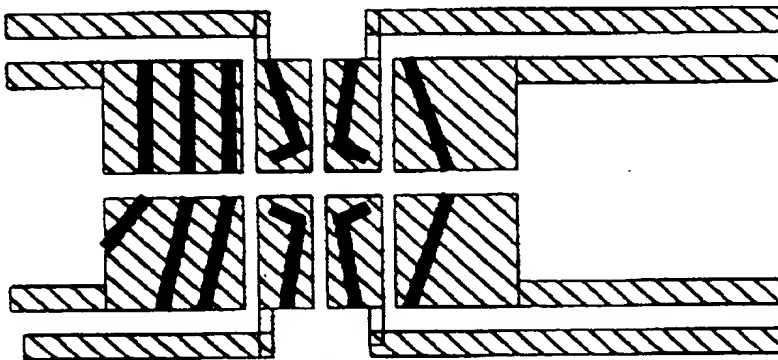


a)

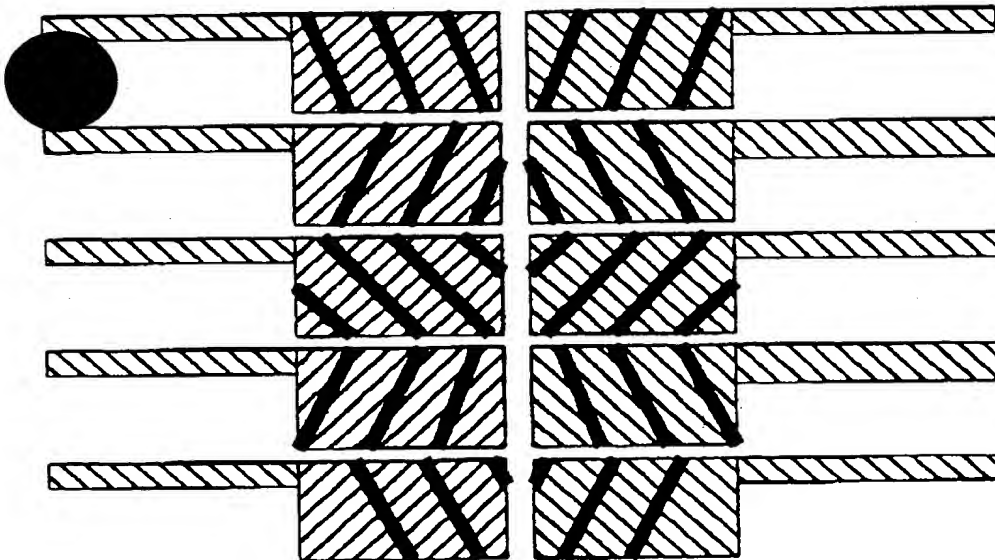


b)

Pataug2.



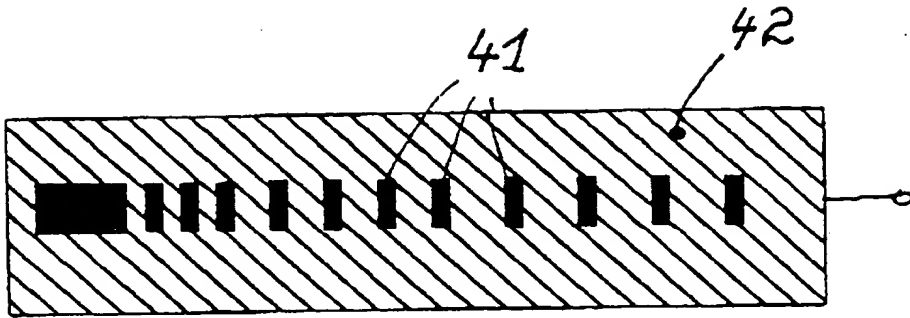
c)



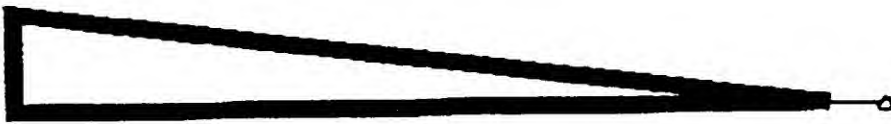
d)

Fig. 3

14 18 10 99

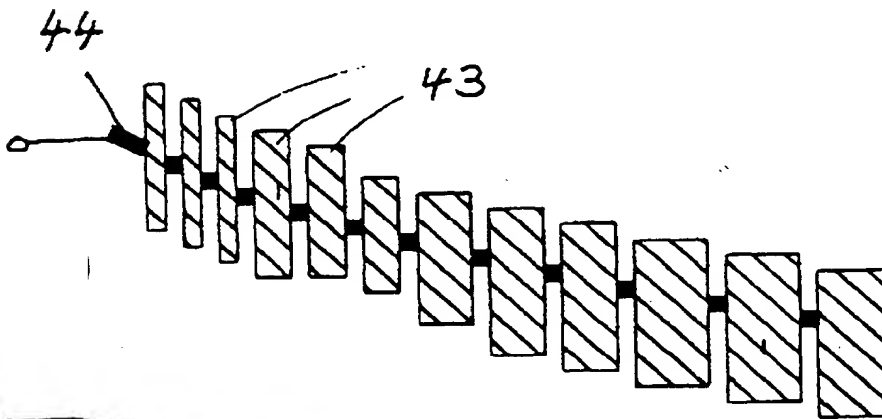


a)

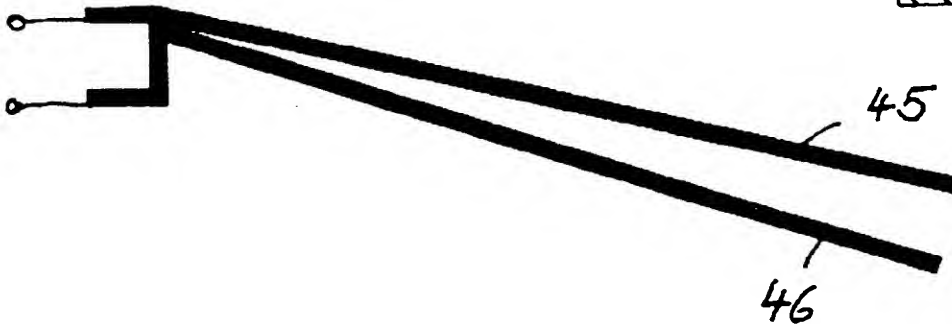


b)

Patang3.



c)



d)

Fig. 4

M 18 10 99

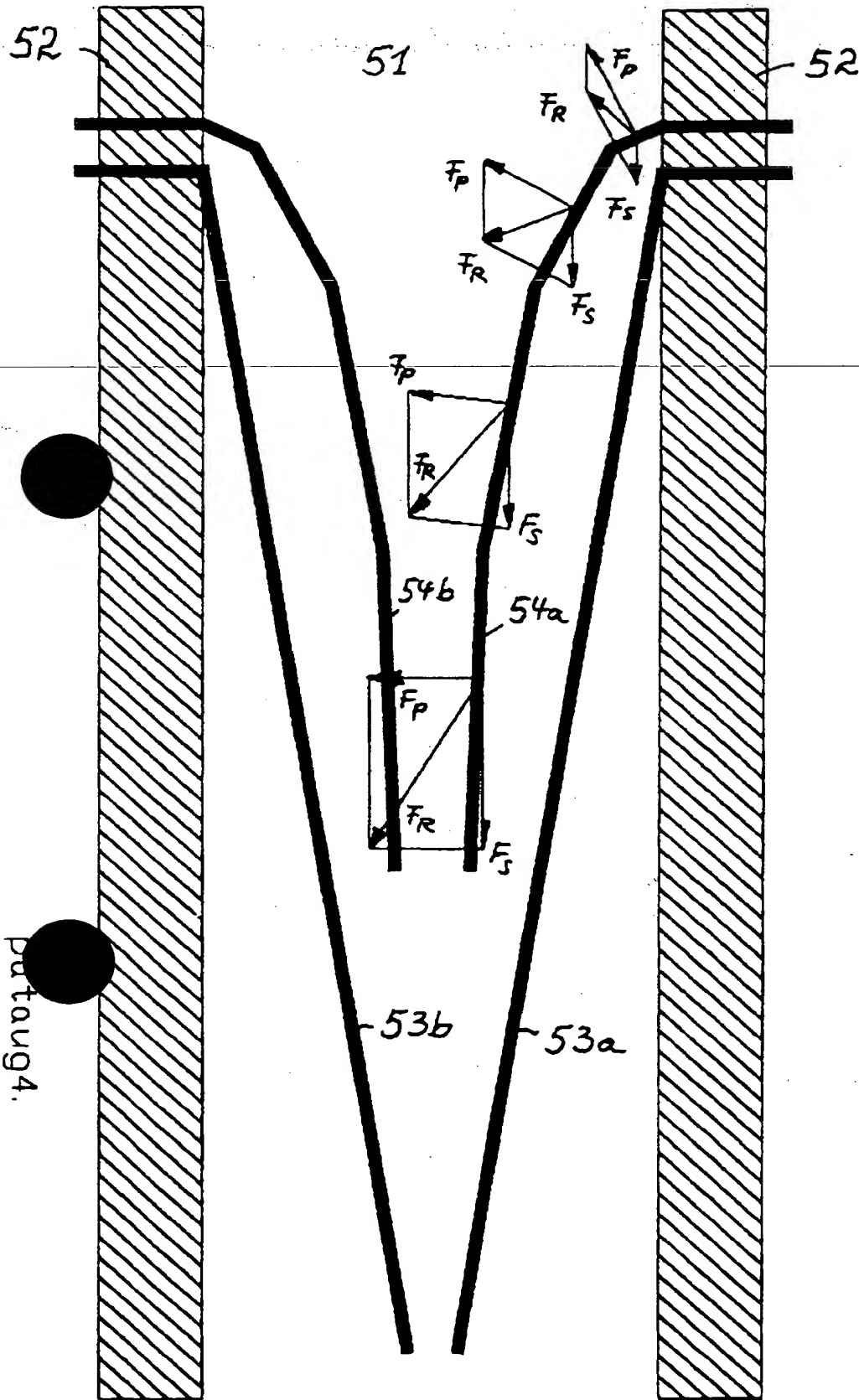


Fig. 5

14 18 10 00

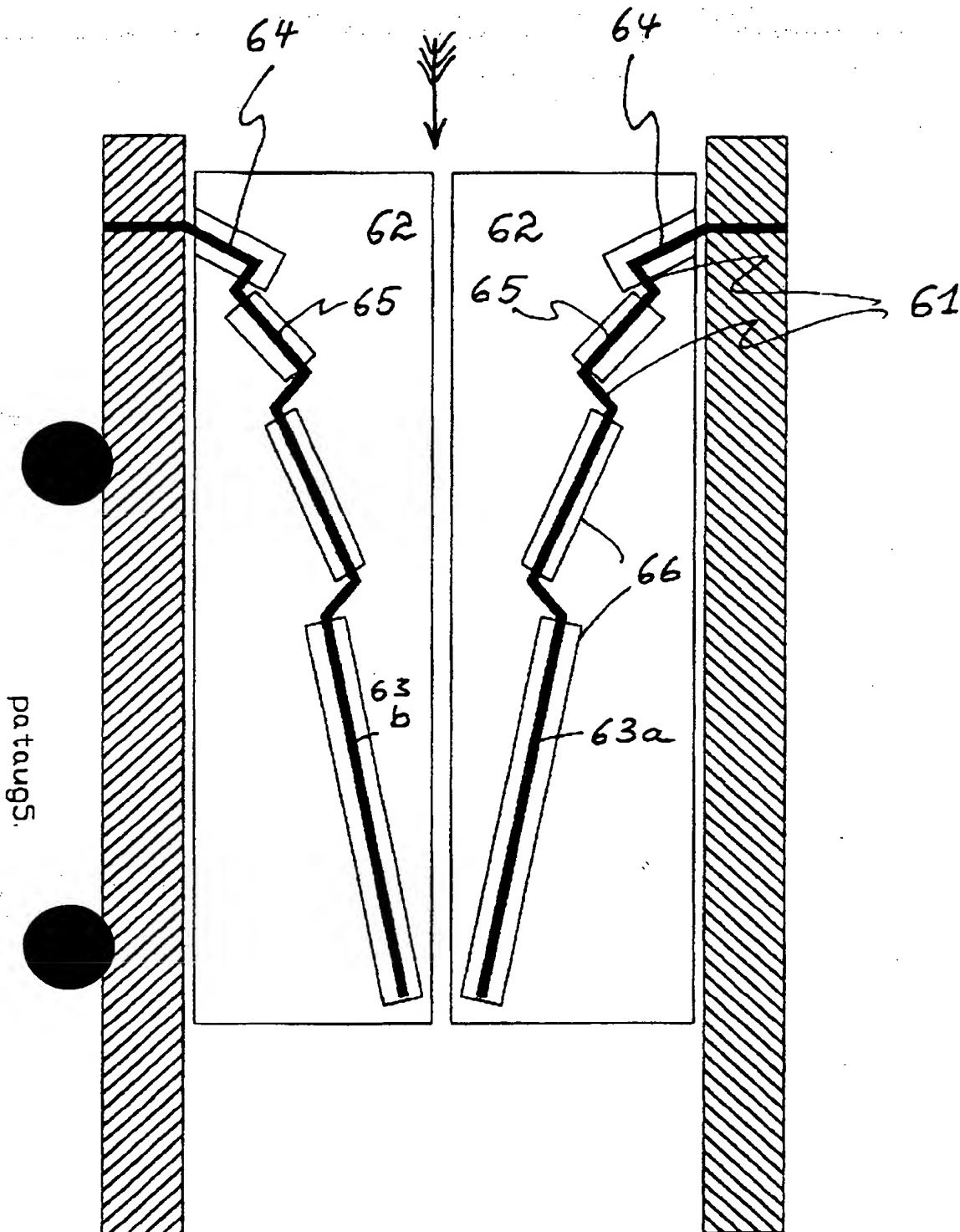


Fig. 6

M 18 10 99

patangb.

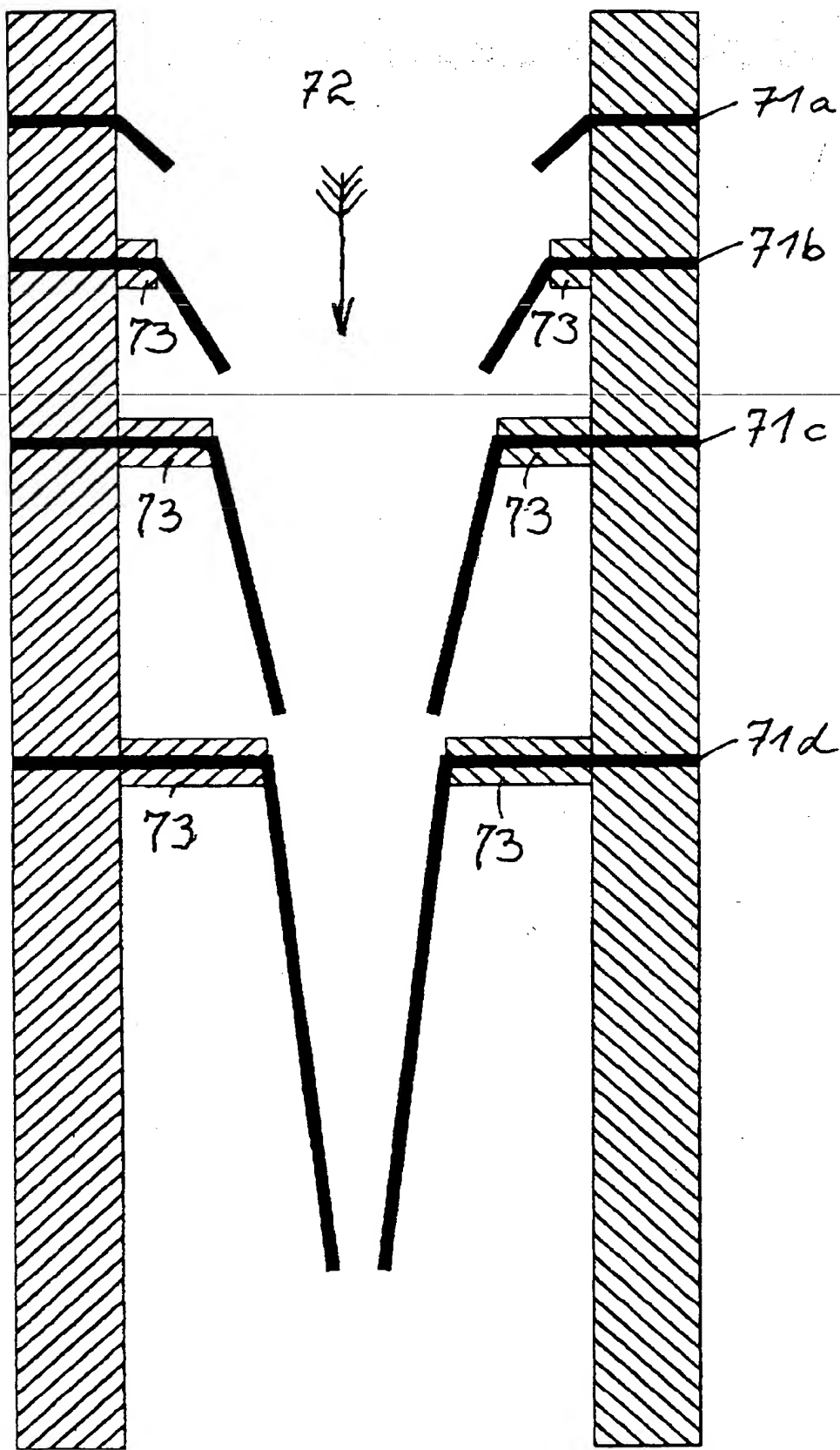


Fig. 7

11.10.99

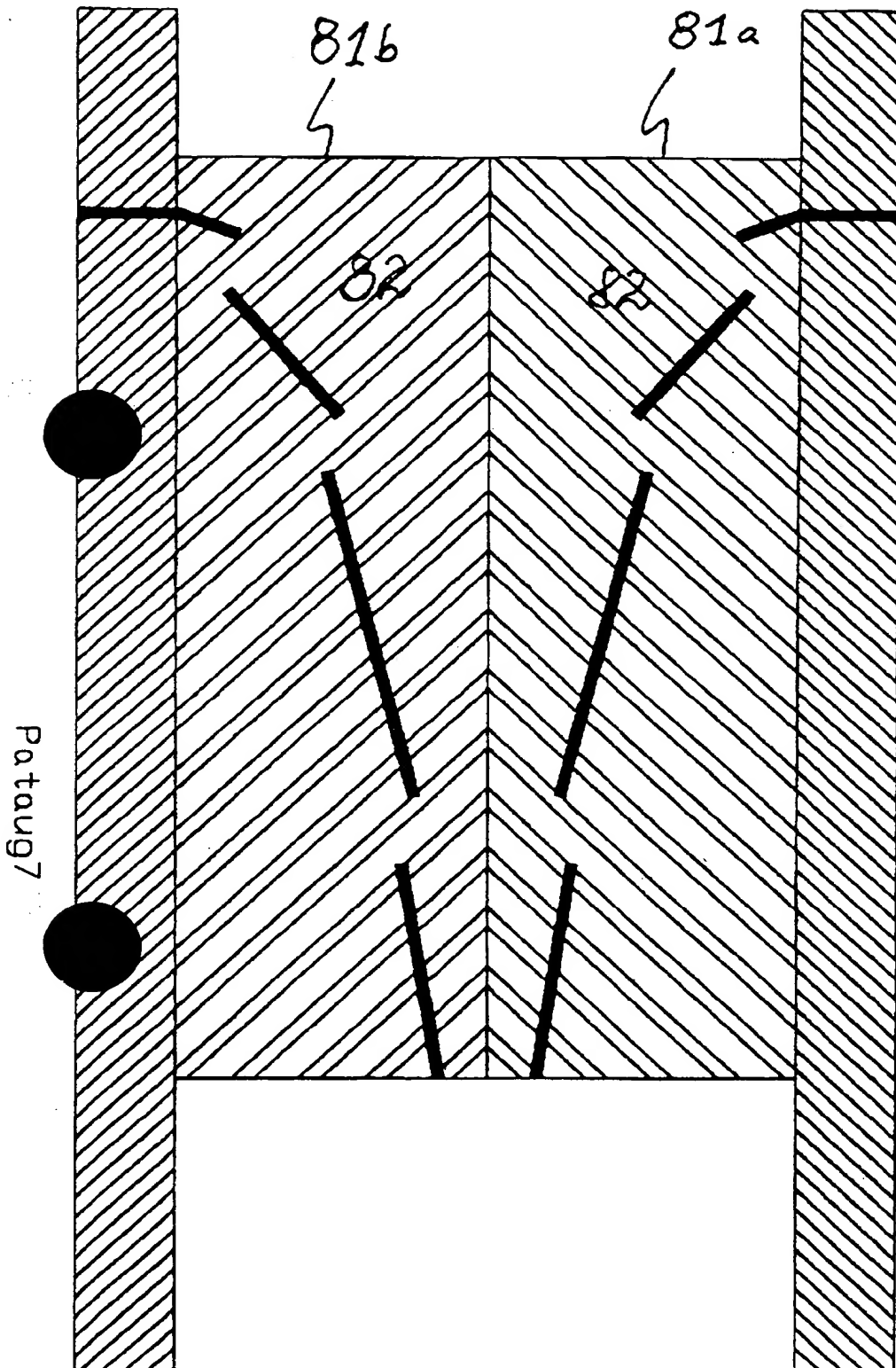


Fig. 8

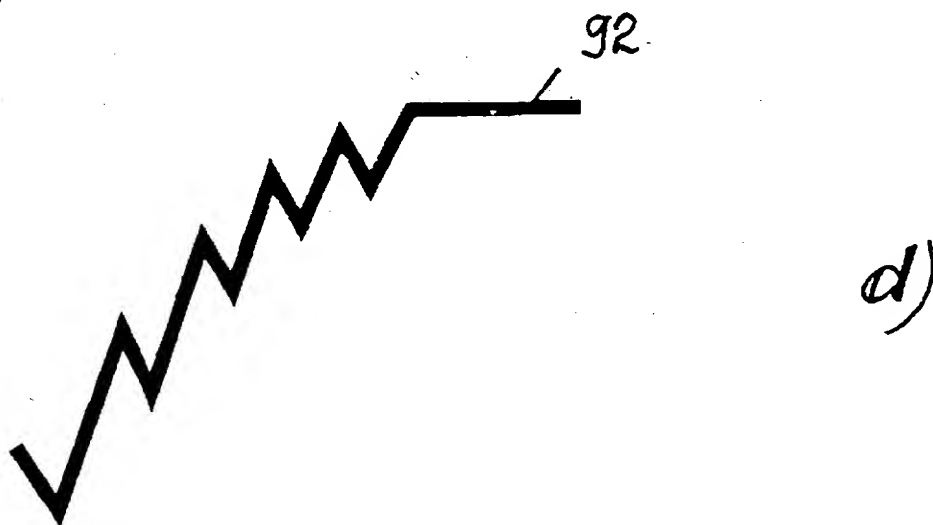
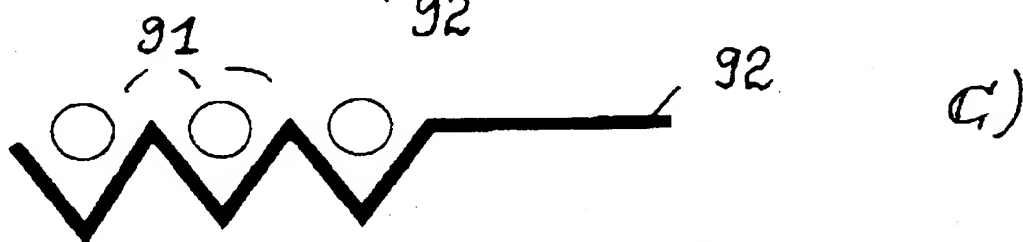
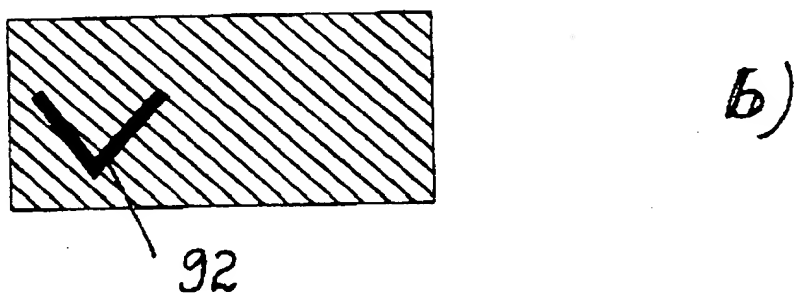
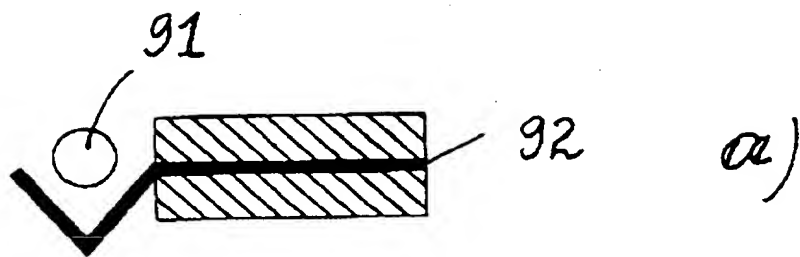
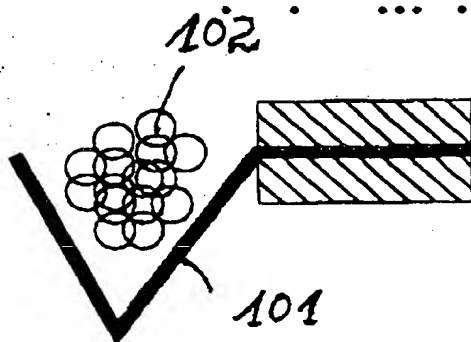


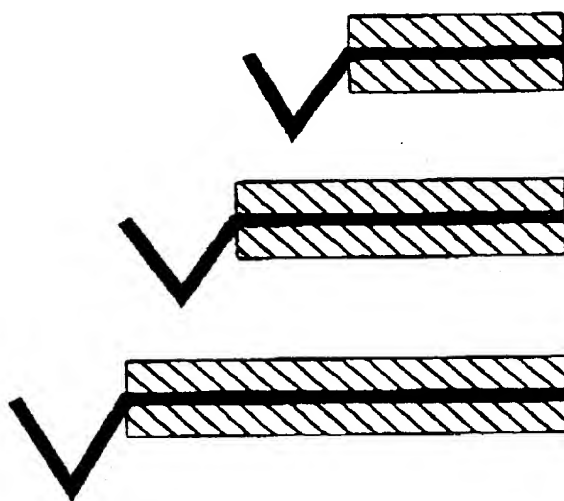
Fig. 9

Paat aug8.

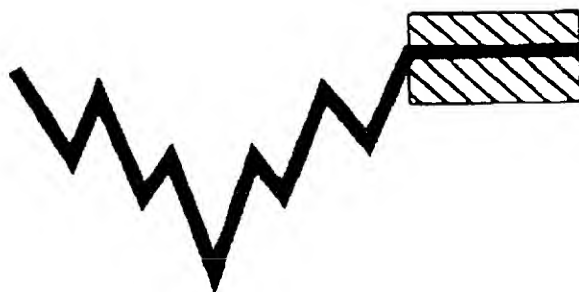
11 18 10.99



a)



b)

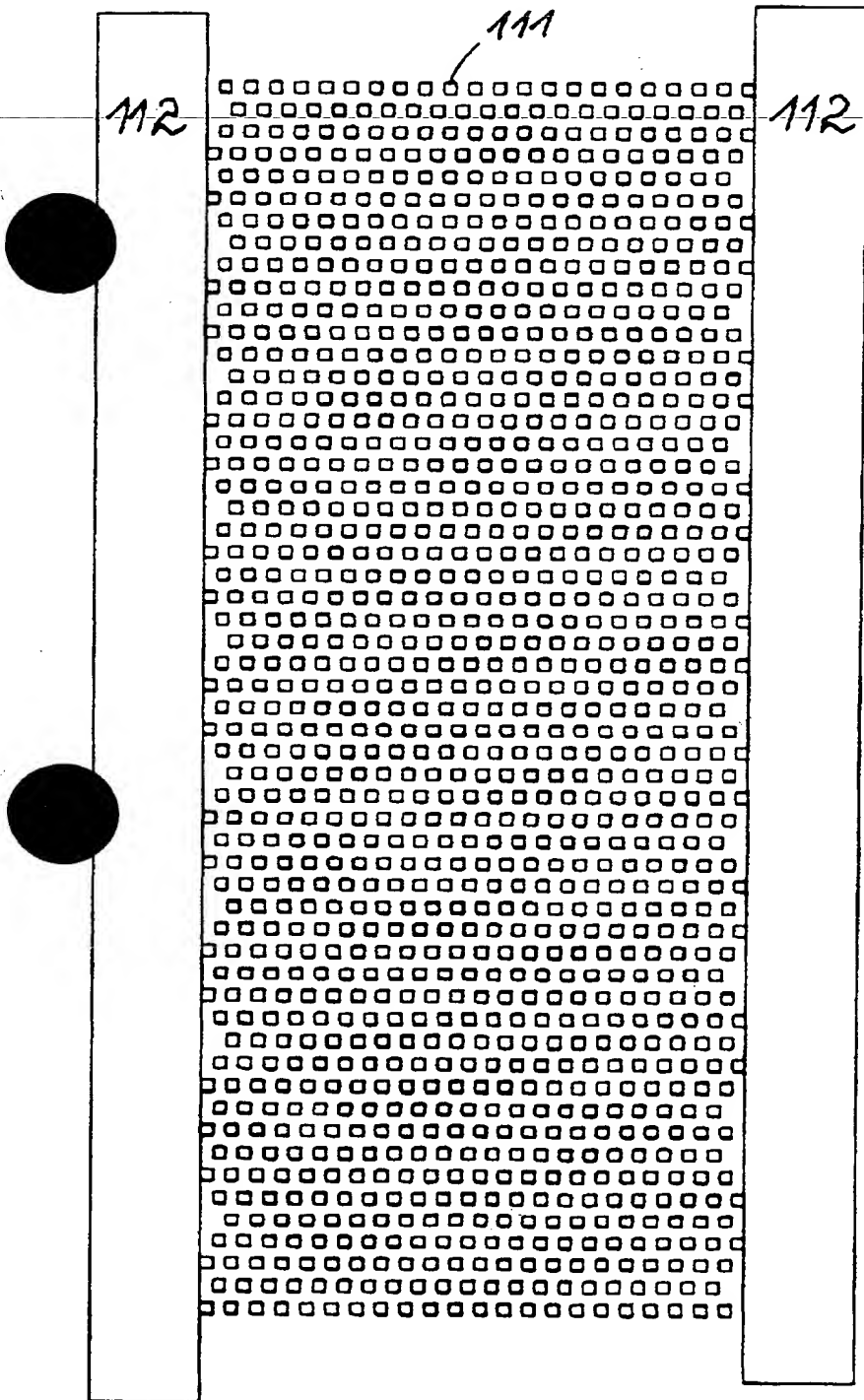
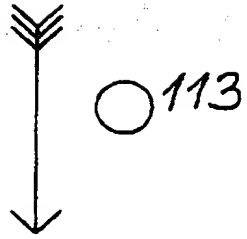


c)

Patang9.

Fig. 10

M 18 10 99



patent.

Fig. 11

M 18.10.99

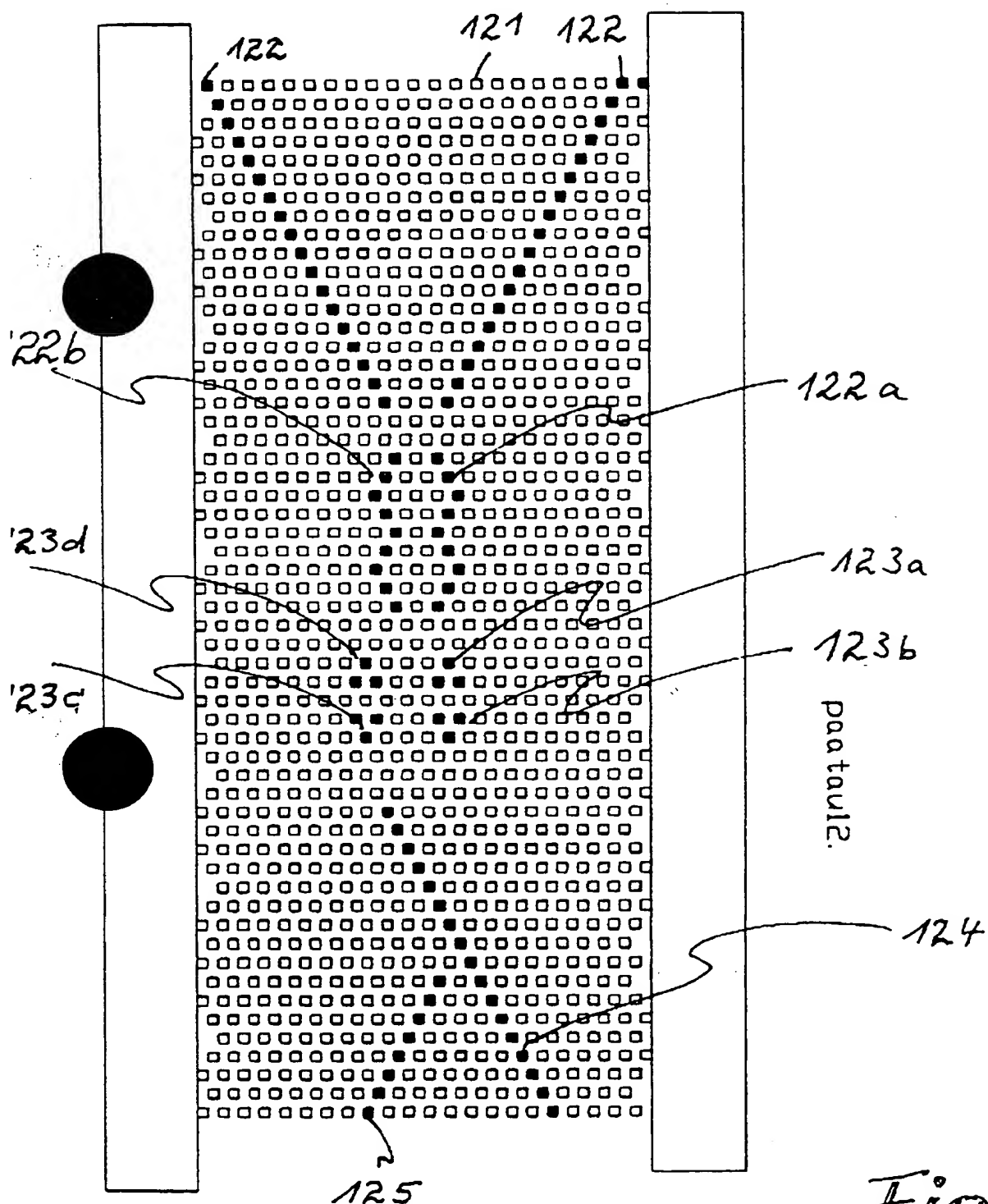
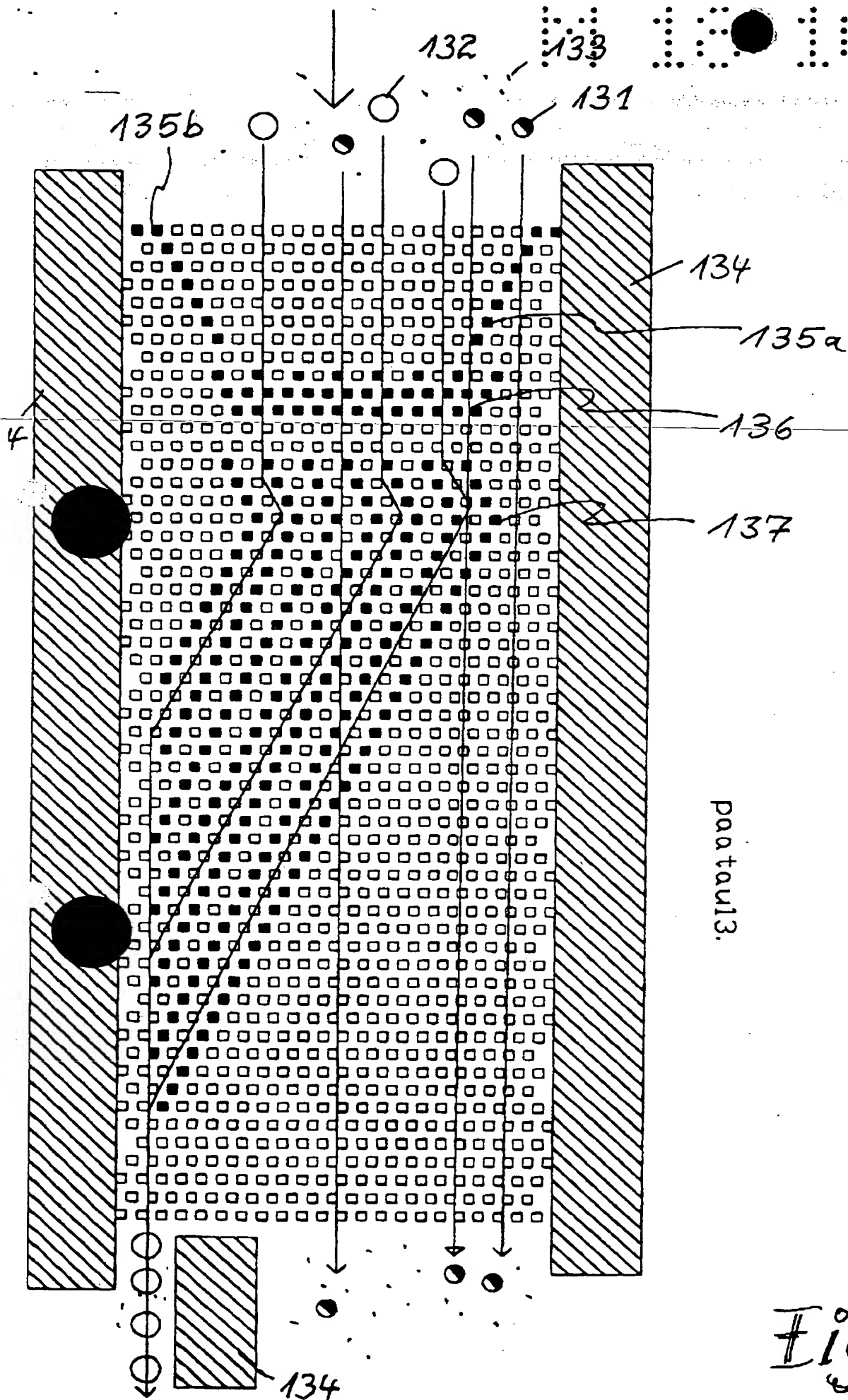


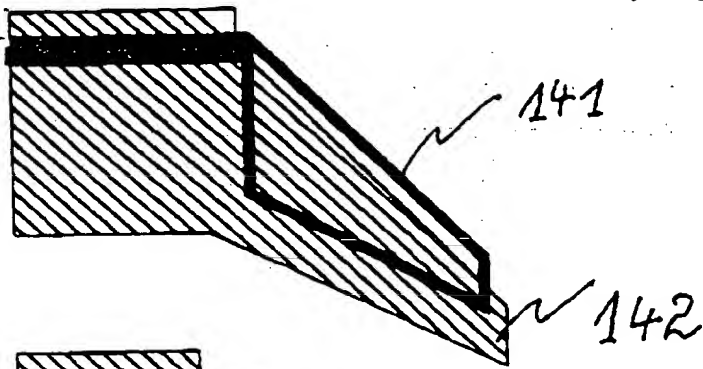
Fig. 12



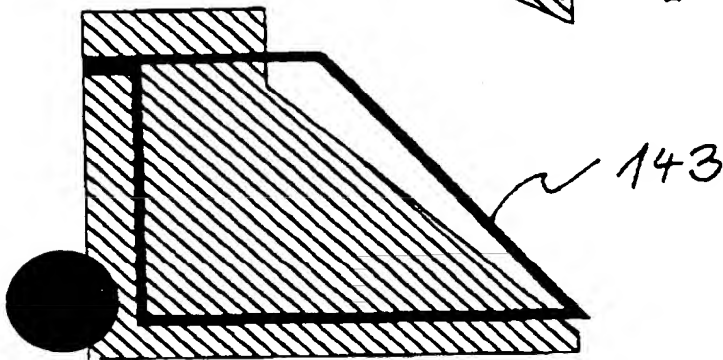
paataul3.

Fig. 13

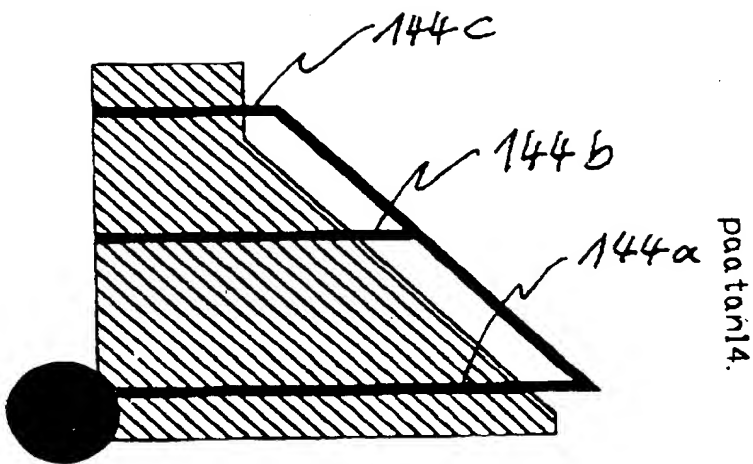
M 18.10.99



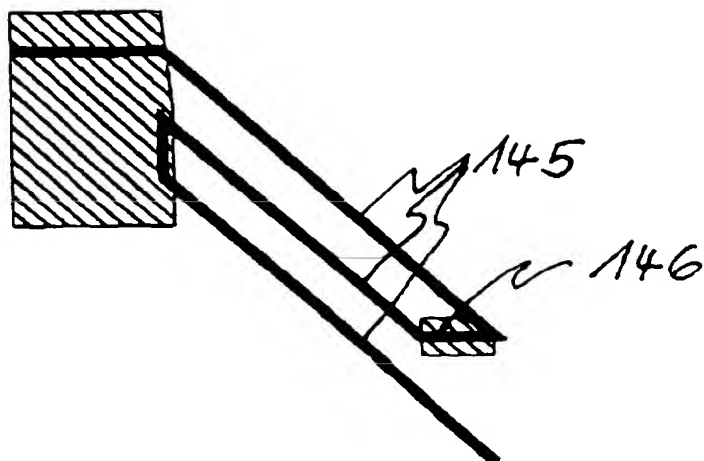
a)



b)



c)



d)

Fig. 14

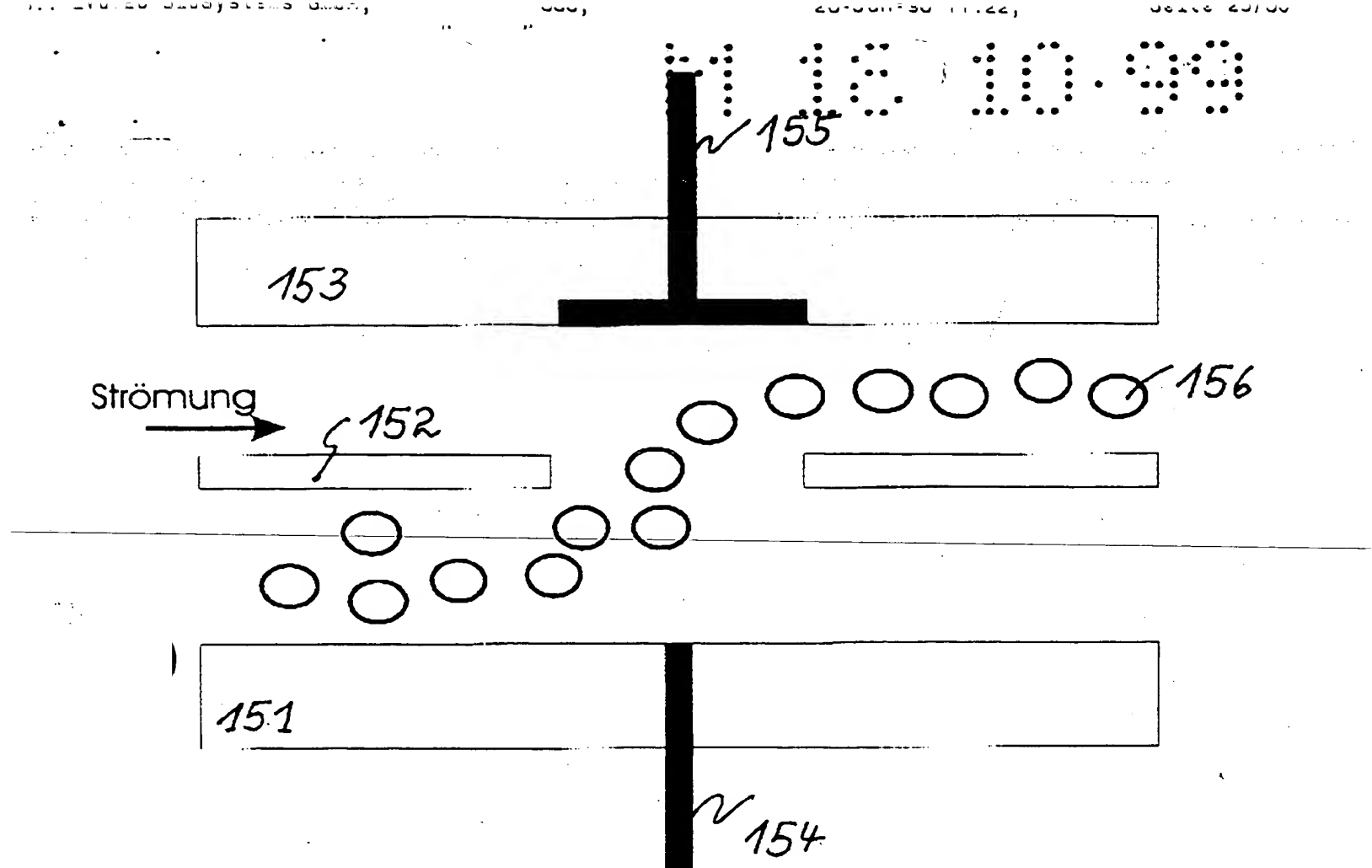


Fig. 15

M 18 10:00

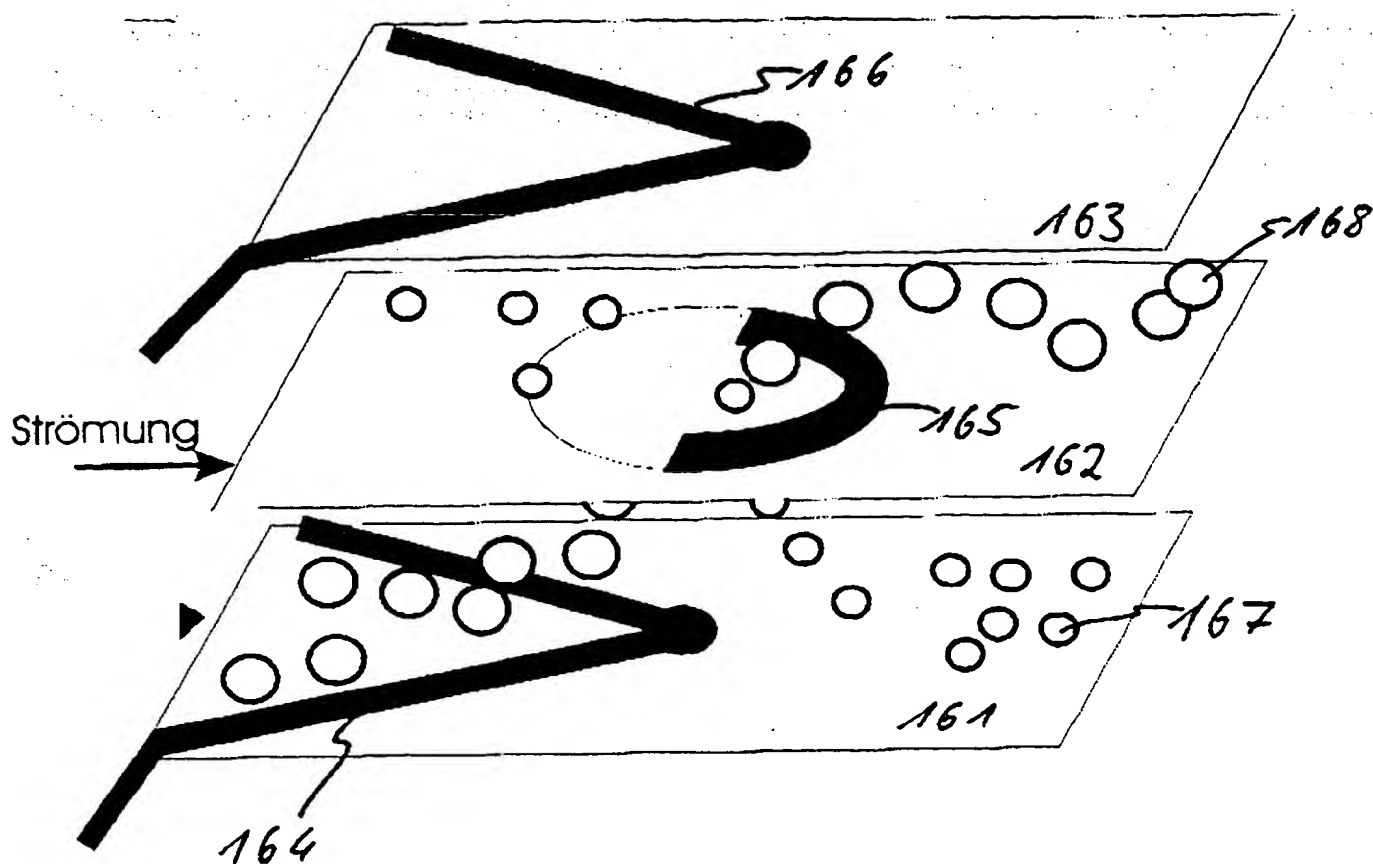


Fig. 16

Fig. 17

M 18 10 99

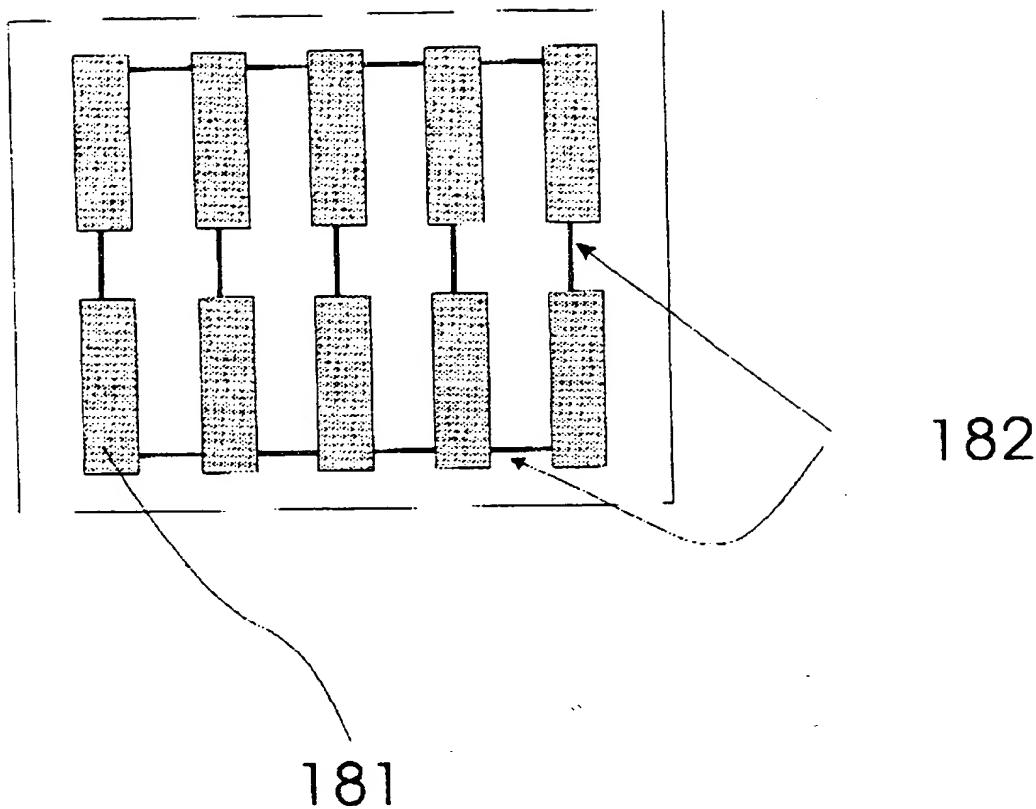


Fig. 18

M 10 10 99

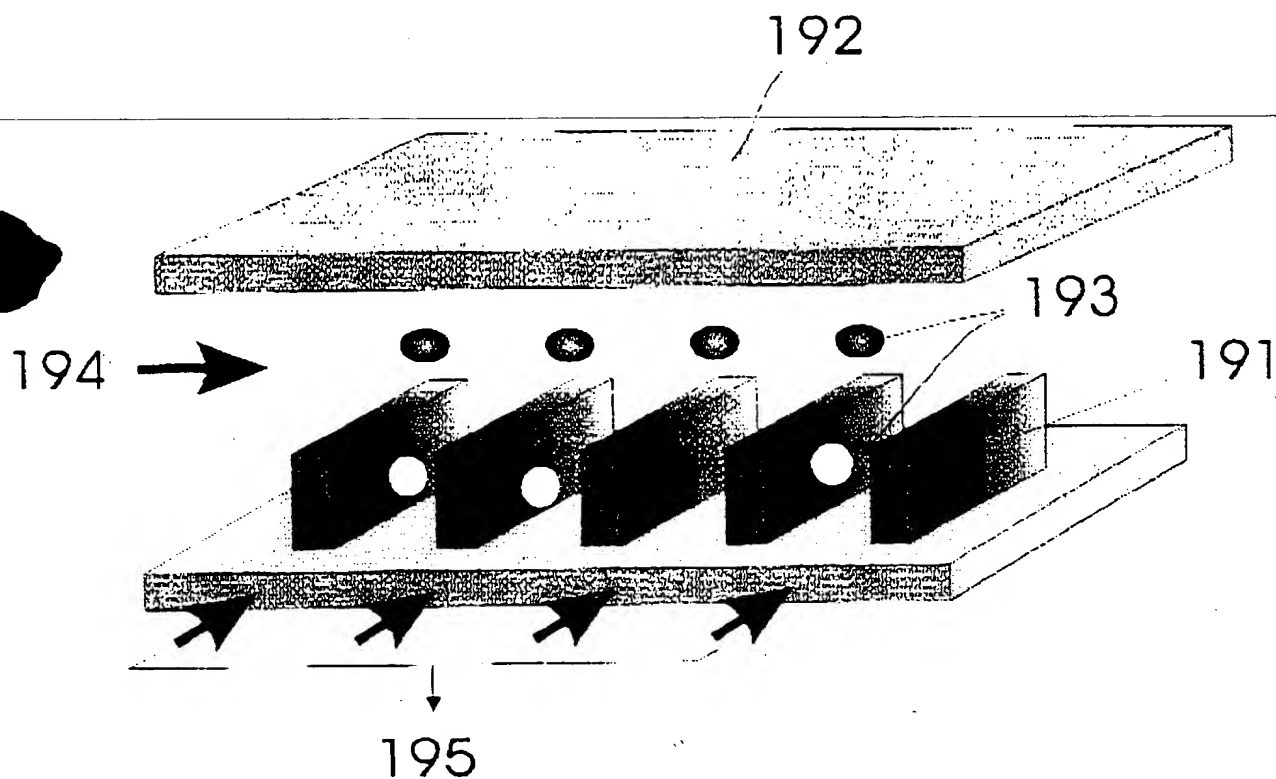


Fig 19

M 18 10 99

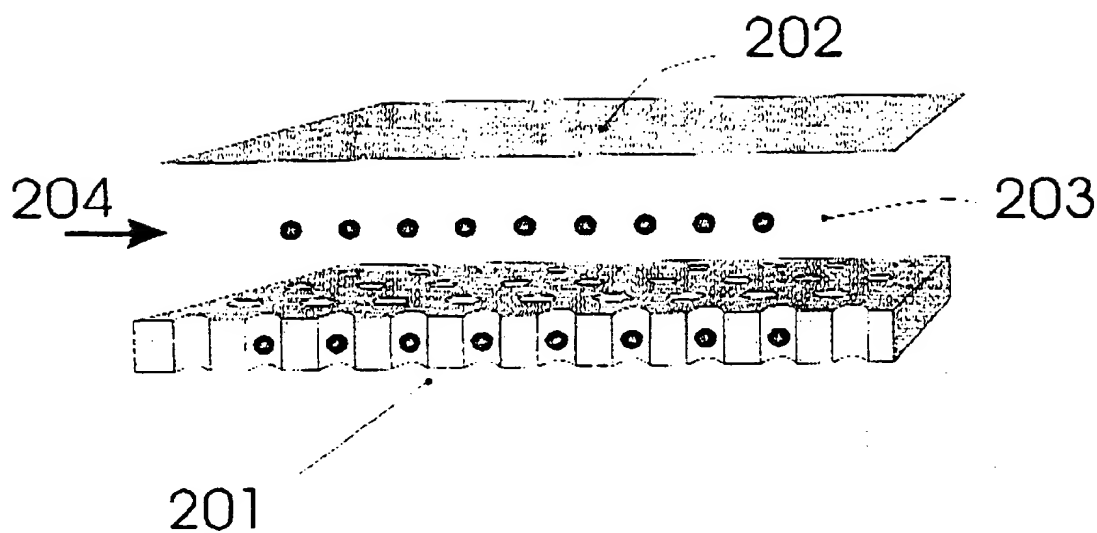


Fig 20

THIS PAGE BLANK (USPTO)